Aus der Medizinischen Poliklinik der Universität Bonn.
Direktor: Professor Dr. Max Bürger.

Die Beziehungen zwischen respiratorischer Arhythmie und Typenindexverschiebung.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Bonn

vorgelegt

am 19. November 1937

von

Walter Vienken

aus Wittlich/Eifel.

HEINRICH TRAPP, BONN, STIFTSGASSE 11.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Bonn.

Referent: Prof. Dr. Schlomka.

Korreferent: Prof. Dr. Martini.

Einleitung.

Die noch ungeklärte Frage, wodurch der Elektrokardiogrammtyp hinsichtlich des Rechts- bzw. Linksüberwiegens eine Verschiebung erfährt, wird zur Zeit auf mehrfache Art beantwortet.

So soll die haemodynamische Beanspruchung der beiden Herzkammern bzw. die damit verbundene Muskelhypertrophie das Verhalten der Aktionsstromkurve in ihren 3 Ableitungen beeinflussen.

Nach anderer Meinung soll der Ekg.-typ von der Herzlageänderung abhängig sein und zwar von der Drehung des Herzens um seine Längs- oder vertikale Achse.

Zugunsten letzteren, noch immer im Vordergrunde stehenden Argumentes wird unter anderen folgendes Moment angeführt, daß nämlich mit der Atmung vielfach deutliche Schwankungen des Ekg.-typs auftreten und zwar bei der Einatmung im Sinne eines Rechtsüberwiegens und bei der Ausatmung im Sinne eines Linksüberwiegens.

Im Sinne dieser Annahme soll bei der Einatmung das Ekg. durch den Tiefstand des Zwerchfells und der damit verbundenen Steilstellung des Herzens rechtstypischer werden, bei der Ausatmung dagegen sich der Ekg.-typ durch den Zwerchfellhochstand und hiermit verbundenen Herzquerstellung mehr dem Linkstyp zuneigen oder weniger rechtstypisch werden.

Es entstehen aber nach neueren Erkenntnissen zugleich mit der Atmung erhebliche Änderungen der Haemodynamik des Herzens, und zwar findet unter der Einwirkung der Inspiration eine Vergrößerung des Schlag- und Minutenvolumens statt, während bei der Ausatmung eine Verminderung stattfindet. Im einzelnen strömt bei der Einatmung dem rechten Ventrikel mehr Blut zu durch Verminderung des intrathorakalen Drucks und auch infolge Auspressung der Bauchorgane, besonders der Leber, durch das sich senkende Zwerchfell. Bei der Ausatmung dagegen ist die Blutzufuhr zum rechten Ventrikel durch den sich steigernden intrathorakalen Druck etwas gedrosselt. Der Atmung gegenüber hinkt diese Umstellung der Herzarbeit etwas nach, da für das Zuströmen in den Ventrikel eine gewisse Zeit nötig ist.

Der linke Ventrikel erhält demgegenüber während der ersten Zeit des größeren Blutangebots an den rechten Ventrikel, d. h. im Beginn der Einatmung einerseits noch kein vermehrtes, sondern wahrscheinlich ein vermindertes Blutangebot und andererseits in dem ersten Teil der Ausatmungszeit, in dem der Zufluß zum rechten Ventrikel bereits etwas gedrosselt wird, noch kein vermindertes, sondern eher ein vermehrtes Blutangebot.

Dadurch würde sich jedenfalls zeitweilig das Belastungsverhältnis der beiden Ventrikel während der Atmung etwas verschieben, und zwar würde der rechte Ventrikel mehr bei der Einatmung, der linke Ventrikel mehr bei der Ausatmung beansprucht.

Die Auswirkung der Atmung auf den Pulsrhythmus, die sog. respiratorische Arhythmie, besteht in einer Beschleunigung der Schlagfrequenz während der Einatmung und in einer Verlangsamung während der

Ausatmung. Nach Untersuchungen von Schlomka und Reindell erfolgt aber diese stets physiologische Erscheinung nicht zu gleicher Zeit mit ihren entsprechenden Atmungsphasen, sondern beginnt im zweiten Drittel der Phase und erreicht ihren Höhepunkt oft erst am Anfang der folgenden Phase.

Da die atmungsbedingte passive Herzlage dagegen direkt der Zwerchfellbewegung folgt, schien eine Untersuchung der Typenveränderung betreffs des Rechts- oder Linksüberwiegens in Beziehung zur respiratorischen Arhythmie aufschlußreich; denn eine Typenverschiebung auf Grund der passiven Herzlageänderung müßte den Atmungsphasen entsprechen, der respiratorischen Arhythmie dagegen vorangehen.

So ergaben sich folgende Einzelfragen für die vorliegende Arbeit:

Wie sind die Zusammenhänge zwischen Typenveränderungen nach rechts bzw. nach links und der respiratorischen Arhythmie

a) in ihren zeitlichen Beziehungen,

b) in ihrem Ausmaß.

Methodik.

Die bei der Arbeit verwendeten Ekg.e entstammen alle der Sammlung der Bonner Medizinischen Poliklinik, und zwar wurden solche Ekg.e von klinisch und elektrokardiographisch kreislaufgesunden Untersuchten herausgesucht, welche deutliche respiratorische Arhythmien zeigten. Ein Fall mit Verdacht auf Myokardschädigung wegen einer früheren Diphtherie und Stirnhöhleneiterung wurde weiter wegen seiner sehr deutlichen Arhythmie und der deutlich sichtbaren Typenveränderung mitverwandt. Die einzelnen Krankengeschichten enthalten alle 3 Ableitungen mit je 5—12 Einzelschlägen, bei Ruhe und im Liegen mit dem Edelmann'schen Seitengalvanometer aufgenommen.

Mit Hilfe des von Schlomka aufgestellten Typenindexes (TI) war es möglich, die Typen der Einzelschläge zahlenmäßig auszudrücken, und ihre Verschiebung konnte durch die Bestimmung der Differenz der gefundenen Typenwerte untereinander festgestellt werden.

Diese Schlomka'sche Typenindexformel lautet:

$$TI = \frac{(O_1 - U_1) - (O_3 - U_3)}{(O + U)\,\text{max.}}$$

Hiervon bedeuten:

O der größte Ausschlag der Kammeranfangsschwankung nach oben,

U der größte Ausschlag nach unten von der Isoelektrischen.

Die O und U beigefügten Zahlen bezeichnen die betreffenden Ableitungen.

Der Nenner (O + U) max. entspricht der größeren Gesamtamplitude der beiden Ableitungen der Kammeranfangsschwankung.

Die Messungen gingen von der Mitte der Isoelektrischen nach oben und nach unten bis zu dem Punkte, an welchen eine sichere Abgrenzung der betreffenden Zackenspitze möglich war. Die Lage der Isoelektrischen selbst wurde nach dem Verhalten unmittelbar vor dem Beginn von P bestimmt.

Positive Werte entsprechen dem Linkstyp und negative dem Rechtstyp. Eine Verkleinerung der positiven Zahlen bedeutet, daß der Typ weniger linkstypisch wird bzw. sich nach rechts verschiebt, und umgekehrt spricht eine Änderung der negativen Zahlen nach der positiven Richtung für eine Verschiebung nach links.

Eine Schwierigkeit ergab sich nun hinsichtlich der Zusammengehörigkeit der Einzelschläge in ihrer 1. und 3. Ableitung, da die Kurven dieser Ableitungen nicht gleichzeitig, sondern hintereinander aufgeschrieben worden sind.

Um die einzelnen Herzschläge nach Möglichkeit in ihrer 1. und 3. Ableitung in Beziehung zur Atemphase als einander zugehörig zu erkennen, wurde die Dauer der einzelnen Schlagintervalle der 1. und 3. Ableitung verglichen und einigermaßen entsprechende Schlagfolgen als einander zugehörig betrachtet.

Zur Feststellung der Einzelschlagdauer wurde Entfernung von Q zu Q oder R zu R (bei undeutlichem Q) bestimmt. Trotzdem eine solche Gleichartigkeit der

Schlagfolgen in Abl. 1 und 3 trotz ausgeprägter respiratorischer Arhythmie keineswegs in allen Fällen in dem vorhandenen Kurvenstück zu finden war, war es immerhin möglich, von den ursprünglich ausgesuchten Kurven bei 38 Fällen für durchschnittlich 4—6 Schläge die Verschiebung des Typenindexes zu bestimmen. Da sich nun diese Pulszeiten in Ableitung 1 und 3 naturgemäß aber nicht immer genau deckten, wurde deren Mittel genommen und dieses den Typenindizes zugeordnet.

Aus den erhaltenen Einzeltypenindizes wurde dann noch für jedes einzelne Ekg. der Durchschnittstypenindex bestimmt.

Um später die Frage über die Einwirkung des Arhythmiegrades auf die Typenindexverschiebung zu klären, wurde von jedem Ekg. auch der Grad der Arhythmie bestimmt. Als Maßzahl wurde der Schlomka'sche Rhythmusindex benutzt:

$$RI = \frac{100 \left[\sum_{o}^{n} p\,max - \sum_{o}^{n} p\,min \right]}{n \cdot pm}$$

Diese Maßzahl für den Arhythmiegrad gibt die durchschnittliche Differenz zwischen kleinsten und größten Intervallen an in Prozent der zugehörigen mittleren Pulszeit.

In der Formel bedeuten:

p max	größte Pulszeiten,
p min	kürzeste Pulszeiten,
n	die Anzahl der Pulszeiten,
pm	das mittlere Schlagintervall, d. h. das arithmetische Mittel aus sämtlichen Pulszeiten eines Ekg's.

Ergebnisse.

1.

Beim Vergleich der Typenindizes mit ihren zugehörigen Pulszeiten zeigt sich zunächst grundlegend, daß die Indizes mit zunehmender Pulszeit, also mit langsamer werdender Pulsfrequenz nach der positiven Richtung wandern, d. h. mehr linkstypisch bzw. weniger rechtstypisch werden; umgekehrt erfolgt bei kleiner werdender Pulszeit ein Wandern in negativer Richtung. Dies veranschaulicht z. B. der nachstehende Fall (Tabelle 1).

Tabelle 1.

Pulszeit in $/_{100}$ Sek.			Typen-	TI-
Abl. 1	Abl. 3	Mittel	indexe	differenz
76,7	75	75,9	—0,326	—0,025
63,3	68,3	65,8	—0,351	—0,040
60	66,7	63,4	—0,391	—0,131
56,7	61,7	59,2	—0,522	+0,112
58,3	63,3	60,8	—0,410	+0,043
60	68,3	64,2	—0,367	

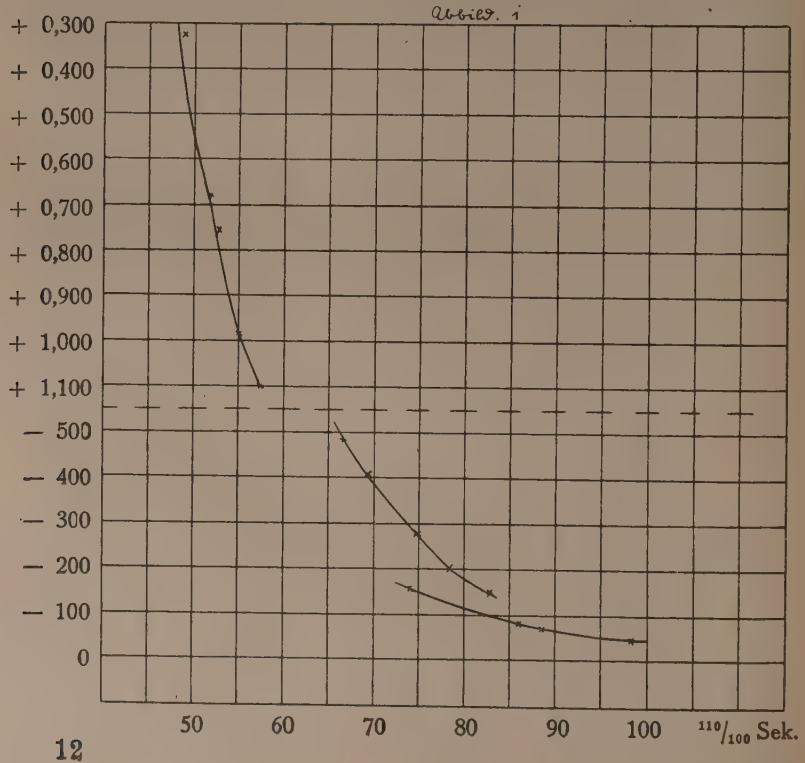
Eine ähnliche durchgehende Regelmäßigkeit wie z. B. in Tabelle 1 ergibt sich in 30 Ekg.en. Bei den übrigen erhält man indessen dasselbe Bild, wenn die Typenindexwerte um einen Pulsschlag zeitlich vorverlegt werden, wie dies Tabelle 2 erklären soll.

Tabelle 2.

Pulzeit in $^1/_{100}$ Sek. Mittel von Abl. 1 u. 3	Typen-index	verschobener Typenindex
		+0,523
52,7	+0,523	+0,758
57,2	+0,758	+1,100
55	+1,100	+0,987
51,9	+0,987	+0,680
48,8	+0,680	+0,326
47,5	+0,326	+0,306
49,5	+0,306	+0,489
52,7	+0,489	

2.

Gibt man diese Ergebnisse als graphisches Bild wieder, so ergeben sich Kurven, die bei langen Pulszeiten steil und bei kurzen Pulszeiten flacher verlaufen. (Siehe Abbildung 1). Es bedeutet dies, daß eine



Verschiebung der Typenindizes bei niedrigen Schlagfrequenzen in geringerem Maße als bei hohen erfolgt.

Es lag nun der Versuch nahe, diese Gesetzmäßigkeit für das Gesamtmaterial in einer Durchschnittskurve zu erfassen. Aber es ist nicht möglich, die Indexwerte einfach zu mitteln, da die Lage der einzelnen Ekg.-kennlinien im Koordinatensystem zu verschieden ist (mehr oder weniger Rechts- bzw. Linkstyp).

Da also die größere Typenindexverschiebung bei kurzen Pulszeiten, d. h. bei hoher Pulsfrequenz, und die geringere Typenindexverschiebung bei langen Pulszeiten, d. h. bei niedriger Pulsfrequenz dargestellt werden sollte, wurde die Typenindexverschiebung in den graphischen Einzeldarstellungen für je $5/_{100}$ Sekunden, d. h. zwischen 50 und 55, 55 und 60, 60 und $65/_{100}$ Sekunden etc. abgelesen und dann auf $1/_{100}$ Sekunde umgerechnet. Das Ergebnis wurde dem kleineren der beiden jeweiligen Pulszeitwerte zugeordnet.

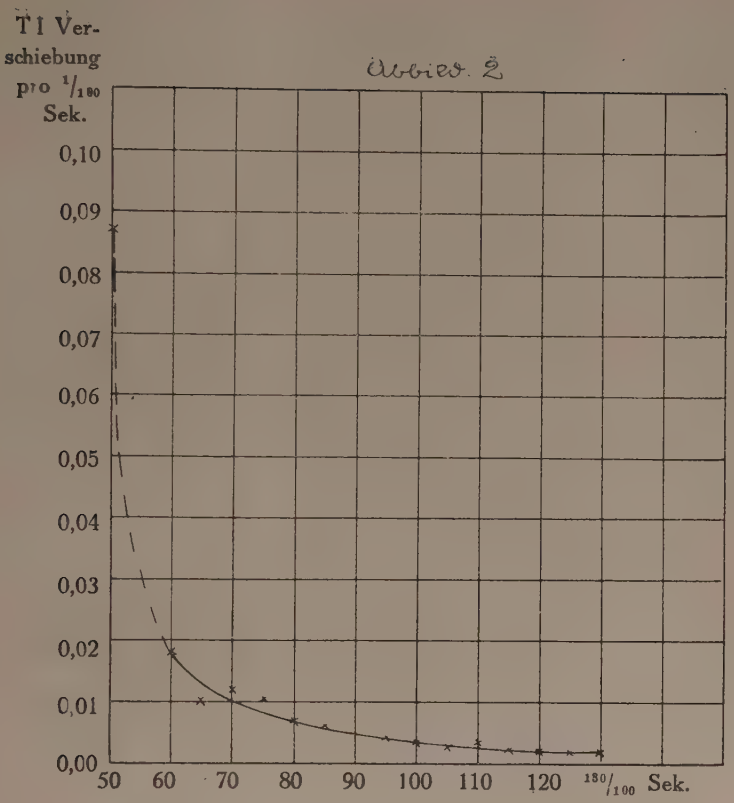
Wo die errechneten Typenindexpunkte in den einzelnen Ekg.en um ihre jeweilige Kennlinie streuten, wurde nach den üblichen Regeln eine Angleichskurve gemacht und an dieser die für das betreffende Zeitintervall in Frage kommenden Typenindexverschiebungswerte abgelesen.

Auf diese Weise ergaben sich in den einzelnen Gruppen folgende Durchschnittswerte (Tabelle 3).

Tabelle 3.

Pulszeit in $^1/_{100}$ Sek.	Durchschnittl. TI-verschiebung pro $^1/_{100}$ Sek.	Fall-zahl
50 — 55	0,08700	1
55 — 60		0
60 — 65	0,01807	3
65 — 70	0,01040	6
70 — 75	0,01204	10
75 — 80	0,01075	19
80 — 85	0,00707	22
85 — 90	0,00617	20
90 — 95	0,00510	23
95 —100	0,00410	20
100 —105	0,00366	13
105 – 110	0,00274	10
110 —115	0,00340	5
115 —120	0,00265	4
120 —125	0,00240	2
125 —130	0,00200	1
130 —135	0,00160	1

In der graphischen Darstellung (Abb. 2) ordnen sich die Einzelpunkte recht gut um eine Kurve, welche etwa einer Hyperbel gleicht. Die extremen Gruppen sind zwar schwach besetzt, fügen sich aber gut in das Gesamtbild ein. Ein großer Teil des einen (senkrechten) Schenkels wurde nur gestrichelt eingetragen, weil der tiefste Wert des Materials nur durch einen Ekg.-fall gebildet wird, und es schwer fällt, noch als normal zu bewertende Egke. mit so hoher Pulsfrequenz (120/Minute) selbst unter Jugendlichen häufiger zu finden. Der Punkt paßt sich aber gut dem allgemeinen Kurvenbild an und zeigt auch die weitere Richtung desselben.



Es trat nun die Frage nach den Faktoren auf, welche das Verhalten der Einzelkurve im Rahmen dieser allgemeinen Gesetzmäßigkeit bestimmen.

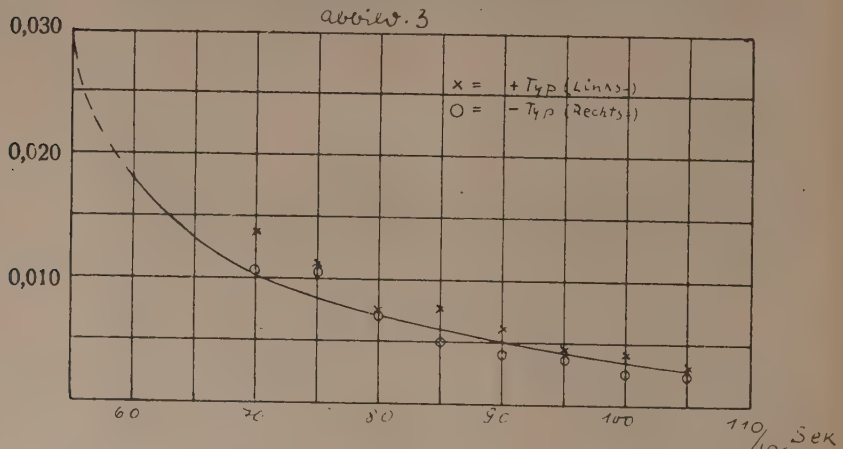
Als erster Faktor kam der Gesamttyp (Rechts- oder Linkstyp) in Frage. Aus diesem Grunde wurden alle die Einzelfälle, je nachdem, ob es sich bei ihnen als Mittelwert der verschiedenen Typenindizes ein positiver Wert = Linkstyp oder ein negativer Wert = Rechtstyp ergab, getrennt in gleicher Weise wie das Gesamtmaterial vorstehend untersucht. Die Werte

für die kürzesten bzw. längsten Pulszeiten konnten wegen der jetzt für die beiden Einzelgruppen zu geringen Fallzahl (1 bis 3 Fälle) nicht mitverwandt werden.

Tabelle 4.

Pulszeit in $^1/_{100}$ Sek.	Typenindexverschiebung pro $^1/_{100}$ Sekunde (Fallzahl in Klammern)		
	durchschnittl.	Linkstyp (+)	Rechtstyp (−)
70 — 75	0,01204 (10)	0,01395 (4)	0,01080 (6)
75 — 80	0,01075 (19)	0,01120 (6)	0,01055 (13)
80 — 85	0,00707 (22)	0,00720 (5)	0,00704 (17)
85 — 90	0,00617 (20)	0,00780 (7)	0,00520 (13)
90 — 95	0,00510 (23)	0,00620 (11)	0,00410 (12)
95 —100	0,00410 (20)	0,0045 (11)	0,0036 (9)
100 —105	0,00366 (13)	0,0042 (8)	0,0028 (5)
105 —110	0,00274 (10)	0,0030 (5)	0,0025 (5)

Das Ergebnis (Tabelle 4) und besonders dessen graphische Darstellung (Abb. 3) zeigt für die nach Rechts- und nach Linkstypen gesondert errechneten Punkte ein unterschiedliches Verhalten: es verschieben



sich nämlich die Typenindizes beim Linkstyp überdurchschnittlich, d. h. mehr und beim Rechtstyp unterdurchschnittlich, d. h. weniger. Der Grad dieser Unterschiede ist zwar an sich nur gering, muß aber wegen der Gleichmäßigkeit aller bestimmter Einzelpunkte der Abb. 3 doch als wirklich angenommen werden. Wesentlicher indes ist wohl, daß die allgemeine Gesetzmäßigkeit des Kurvenzuges nicht berührt wird.

Als weiterer in Frage kommender Faktor mußte die Einwirkung des Arhythmiegrades auf die Typenindexverschiebung geprüft werden. Zu diesem Zweck wurden die Typenindexverschiebungswerte von Ekg.en mit großen denen von Ekgen. mit kleinen Rhythmusindizes, und zwar die mit unterdurchschnittlichen denen mit überdurchschnittlichen Rhythmusindizes gegenübergestellt. Auch hier wurden die Werte für die kürzesten bzw. längsten Pulszeiten wegen der kleinen Fallzahl fortgelassen.

Tabellarisch (Tab. 5) und graphisch (Abb. 4) finden sich hier keine Unterschiede für die beiden so gebildeten Gruppen.

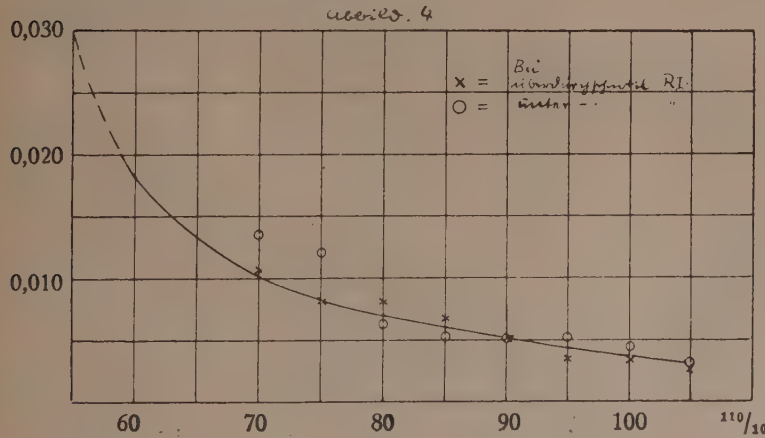
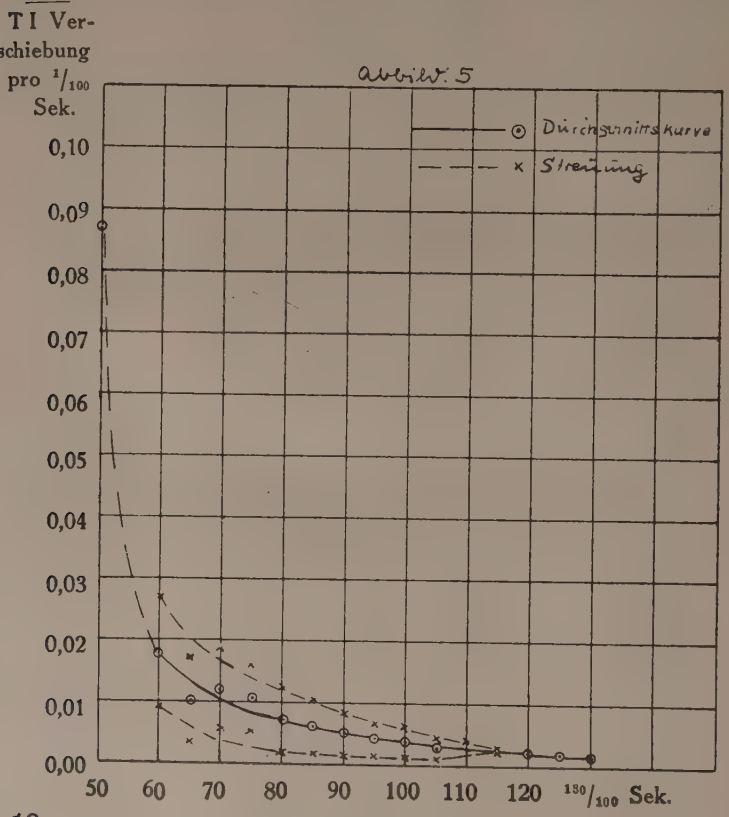


Tabelle 5.

Pulszeit in $^1/_{100}$ Sek.	Typenindexverschiebung pro $^1/_{100}$ Sekunde (Fallzahl in Klammern) durchschnittl.	überdurch. RI	unterdurch RI
70 — 75	0,01204 (10)	0,0105 (5)	0,0136 (5)
75 — 80	0,01075 (19)	0,0081 (7)	0,0120 (12)
80 — 85	0,00707 (22)	0,0080 (10)	0,0063 (12)
85 — 90	0,00617 (20)	0,0068 (12)	0,0052 (8)
90 — 95	0,00510 (23)	0,00515 (12)	0,00505 (11)
95 —100	0,00410 (20)	0,0034 (12)	0,00515 (8)
100 —105	0,00366 (13)	0,00328 (8)	0,0043 (5)
105 —110	0,00274 (10)	0,0025 (7)	0,0032 (3)



Notwendig war weiterhin die Untersuchung der Streuungsverhältnisse der Typenindexverschiebungswerte um die ermittelten Durchschnittswerte in den einzelnen Pulszeitgruppen der Tab. 3.

Zu diesem Zweck wurden die mittleren quadratischen Streuungen um die jeweils zugehörigen Werte errechnet nach der üblichen Formel:

$$\gamma = \pm \sqrt{\frac{\Sigma \Delta^2}{n-1}}$$

Es bedeuten:

Δ = die einzelnen Typenindexverschiebungswertsdifferenzen vom dem zugehörigen Wert der Angleichskurve,

n die Anzahl derselben.

Es ergab sich (siehe Tab. 6) eine geringe Streuung bei den großen Pulszeitwerten, die nach den mittleren Werten hin zunimmt, was wohl geometrisch bedingt ist. Vermutlich wird die Streuung bei den kleinen Pulszeitwerten weiter zunehmen.

Tabelle 6.

Pulszeit in $^1/_{100}$ Sek.	durchschnittl. TI-verschiebung pro $^1/_{100}$ Sek.	Fall-zahl	Streuung der TI-verschiebung pro $^1/_{100}$ Sek.
50 — 55	0,08700	1	
55 — 60		0	
60 — 65	0,01807	3	±0,0088
65 — 70	0,01040	6	±0,00671
70 — 75	0,01204	10	±0,00666
75 — 80	0,01075	19	±0,00520
80 — 85	0,00707	22	±0,00513
85 — 90	0,00617	20	±0,00425
90 — 95	0,00510	23	±0,00348
95 —100	0,00410	20	±0,00260
100 —105	0,00366	13	±0,00245
105 —110	0,00274	10	±0.00164
110 —115	0,00340	5	±0,00076
115 —120	0,00265	4	±0,00030
120 —125	0,00240	2	
125 —130	0,00200	1	
130 —135	0,00160	1	

Erörterung und Schluß.

Zusammengefaßt ergibt vorliegende Arbeit folgendes:

Die Typenindexverschiebung befindet sich bei $^3/_4$ der Untersuchten in direkter Abhängigkeit von der Pulszeitänderung, d. h. von der respiratorischen Arhythmie, und zwar wird das Ekg. mit länger werdender Pulszeit, d. h. mit kleiner werdender Pulsfrequenz mehr linkstypisch bzw. weniger rechtstypisch. Bei dem übrigen Viertel ergibt sich dieselbe Typenverschiebung, nur daß sie um einen Pulsschlag später erfolgt.

Aus der direkten Abhängigkeit der Typenindexverschiebung von der zur Atmung verschobenen respiratorischen Arhythmie und noch besonders durch das Nachhinken von $^1/_4$ der Fälle folgt eindeutig, daß die atmungsbedingte passive Herzlageänderung für die Typenindexverschiebung nicht das wesentliche Moment darstellt. Denn sonst müßte die Typenindexverschiebung der der entsprechenden Atmungsphase verspätet folgenden respiratorischen Arhythmie vorangehen, da die passive Herzlageänderung zu gleicher Zeit mit den Atmungsbewegungen des Zwerchfells erfolgt.

Offen bleibt aber die Frage, ob eine Potentialänderung der Ventrikel bei den unterschiedlichen Füllungsverhältnissen oder eine durch letztere entstandene Herzdrehung um die vertikale (Längs-) Achse die Typenindexverschiebung bedingt, da sie zeitlich an sich und mit der durch die Atmung gegebenen Veränderungen der haemodynamischen Belastungsverhältnisse des Herzens zusammenfallen.

Die gefundene Regel, daß sich der Typenindex bei langsamen Pulsen weniger verschiebt als bei schnellen, eröffnet die Aussicht auf gewisse praktische Folgerungen, indem z. B. die Möglichkeit besteht, daß bei Herzkranken Abweichungen von dieser Regel, sei es quantitativ, sei es qualitativ, sich finden. Die Frage bedarf zwar noch besonderer Untersuchungen. Mehrfach im elektrokardiographischen Schrifttum vorhandene Behauptungen (z. B. Condorelli), daß nämlich atembedingte auffällige Größenschwankungen der Kammeranfangsschwankung, besonders in Abl. 3, auf Myocardschäden verdächtig sein sollen, weisen jedenfalls in Richtung einer eventuellen praktischen Bedeutung der hier erhobenen Befunde.

Meinen besonderen Dank für die Überlassung des Themas und für die stete und freundliche Hilfsbereitschaft möchte ich Herrn Prof. Dr. Schlomka ausdrücken, ebenfalls danke ich bestens Herrn Prof. Dr. Martini für die freundliche Übernahme des Korreferats.

Literatur.

Condorelli: Zeitschrift für Kreislaufforschung 22, 625 (1930); Verh. dtsch. Ges. Kreislaufforschung 8 (Dresden u. Leipzig 1935).

Schlomka u. Kreutzmann: Z. klin. Med. 129 (1936).

Schlomka u. Reindell: Z. Kreislaufforschung 28, 473 (1936).

Lebenslauf.

Am 15. März 1913 wurde ich als Sohn des Kreisbaurats Hans Vienken und seiner Ehefrau Angelika, geb. Diedenhofen in Wittlich geboren. Ich besuchte bis Quarta das Gymnasium und dann die Deutsche Oberschule in Wittlich, wo ich 1932 die Reifeprüfung bestand.

Meine vorklinische Studienzeit verbrachte ich in Tübingen und in Münster; während der klinischen Semester studierte ich in München, Hamburg, Freiburg und Bonn. Im Herbst 1937 meldete ich mich in Bonn zum Staatsexamen, das ich am 17. XII. 37 bestand.